



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 00118825.9
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 31/08/00 ✓
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
TRUMPF LASERTECHNIK GmbH
D-71254 Ditzingen
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
Gas Laser

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:
H01S3/098, H01S3/07

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00118825.9

RECEIVED
FEB 19 2002
ETC 2800 MAIL ROOM

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

TELEFON: 0711 784731 TELEFAX: 0711/78 95/96
KOHLER SCHMID + P. RUPPMANNSTR. 27 D-70565 STUTTGART

KOHLER SCHMID + PARTNER

PATENTANWÄLTE

Stuttgart, 29.08.2000

24179 Rk

Anmelder:

TRUMPF

Lasertechnik GmbH

Johann-Maus-Straße 2

D-71254 Ditzingen

EPO - Munich
66
31. Aug. 2000

Vertreter:

Kohler Schmid + Partner

Patentanwälte GbR

Ruppmannstraße 27

D-70565 Stuttgart

Gaslaser

Die Erfindung betrifft einen Gaslaser mit einer Optik und mit einer Modenblende im Strahlführungsraum des Laserresonators.

Ein derartiger Gaslaser ist beispielsweise durch die EP 0 492 340 B1 bekanntgeworden.

In der Regel erzeugt ein Gaslaser im Laserresonator einen für ihn charakteristischen Schwingungszustand, den sog. Mode, der im wesentlichen durch die Länge des Laserresonators, den Durchmesser der Laserrohre und die Gestaltung der Elektroden festgelegt ist. Wie ein Laser ausgelegt wird und welchen Mode er folglich erzeugt, hängt von seinem Einsatzgebiet ab. Für die Materialbearbeitung sind zwei Moden von besonderer Bedeutung - der TEM_{00} -Mode (sogenannter Gauß-Mode) und der TEM_{01*} -Mode (sogenannter Ringmode). Der Gauß-Mode kann auf den kleinsten Durchmesser fokussiert werden, was beim Schneiden dünner Bleche erwünscht ist. Der Ringmode ist schlechter fokussierbar als der Gauß-Mode, so daß der Fokusedurchmesser daher größer ist. Dies ist z.B. beim Schneiden dickerer Bleche erwünscht, damit der Schnittspalt so breit ist, daß die Schlacke ausgeblasen werden kann. In der Mitte des Ringmodes befindet sich ein Leistungsminimum, wodurch die thermische Belastung in der Mitte der optischen Elemente verringert wird - ein Effekt, der vor allem bei hohen Leistungen wichtig ist.

In der Vergangenheit hat es zahlreiche Versuche gegeben, bei einem Gaslaser den Mode im Laserresonator definiert einzustellen. Bei der eingangs genannten EP 0 492 340 B1 sind als Modenblenden zwei im Laserresonator längsverstellbare Lochblenden vorgesehen, durch welche der Laserstrahl in seinem Durchmesser verkleinert werden kann. In einer ersten Einstellung befinden sich die beiden Modenblenden außerhalb des Laserstrahls, so daß

- 3 -

dieser ungehindert mit vollem Durchmesser am Außenspiegel austreten kann. In einer zweiten Einstellung befinden sich beide Modenblenden im Strahlengang, so daß der Durchmesser des Laserstrahls etwa um die Hälfte verringert wird. Zur Längsverschiebung der Modenblenden ist ein mechanisch aufwendiger Zylinderantrieb vorgesehen.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der Erfindung, einen Gaslaser der eingangs genannten Art derart zu verbessern, daß für unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben zwischen zwei verschiedenen Moden auf möglichst einfache Weise umgeschaltet werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Öffnungsdurchmesser der Modenblende und/oder die Optik zwischen zwei Einstellungen verstellbar ist, bei denen die Modenblende aus dem Laserstrahl Moden ab jeweils anderen höheren Ordnungen ausblendet.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht darin, daß im Laserresonator z.B. in der einen Einstellung der Gauß-Mode und in der anderen Einstellung der Ringmode erzeugt werden kann. Entsprechend der jeweiligen Bearbeitungsaufgabe kann mit Hilfe einer geeigneten Steuerung zwischen dem Gauß- oder dem Ringmode umgeschaltet werden.

Bevorzugt weist die verstellbare Optik mindestens ein adaptives optisches Element wie z.B. einen adaptiven Spiegel auf, dessen Spiegelfläche z.B. mittels Variation des Kühlwasserdrucks verformbar ist. Die jeweils gewünschte Krümmung des adaptiven Spiegels läßt sich über eine Steuereinrichtung dann entsprechend einstellen.

Vorzugsweise ist die Modenblende zwischen zwei adaptiven optischen Elementen angeordnet, wobei das eine optische Element zum Aufweiten des Laserstrahls und das andere optische Element zum Rückfokussieren des aufgeweiteten Laserstrahls dient.

Vorzugsweise sind zumindest in einer der beiden Optikeinstellungen ein oder zwei adaptive optische Elemente zur Aufweitung des Laserstrahls, insbesondere konvex, und ein anderes adaptives optisches Element zur nachfolgenden Fokussierung des Laserstrahls, insbesondere konkav, ausgebildet.

Als adaptive optische Elemente können bereits im Strahlengang vorhandene Elemente des Laserresonators genutzt werden, wie z.B. der Auskoppelspiegel und/oder der Rückspiegel des Laserresonators und/oder ein oder mehrere dazwischen vorgesehene Umlenkspiegel. Wird der Rückspiegel zur Aufweitung oder zur Fokussierung genutzt, ist zu beachten, daß er in der Regel ohnehin eine Krümmung aufweist, damit der Laserresonator stabil ist. Die tatsächliche Krümmung des Rückspiegels ergibt sich

dann durch einfache Addition der beiden Krümmungen unter Beachtung der jeweiligen Vorzeichen. Als aktivierbare optische Elemente können zum Beispiel mindestens zwei benachbarte adaptive Umlenkspiegel oder zusätzlich noch der Rückspiegel vorgesehen sein. Vorzugsweise sind als aktivierbare optische Elemente drei adaptive Umlenkspiegel vorgesehen.

Versuche mit einem doppelt quadratisch gefalteten Resonator haben gezeigt, daß bei mindestens zwei optischen Elementen besonders gute Ergebnisse, d.h. ein Laserstrahl im Gauß-Mode mit besonders hoher Strahlqualität, erzielt werden, wenn das eine optische Element zur Aufweitung des Laserstrahls, insbesondere konvex, und das andere optische Element zur nachfolgenden Fokussierung des Laserstrahls, insbesondere konkav, ausgebildet ist. Versuche mit einem doppelt quadratisch gefalteten Resonator haben weiter gezeigt, daß bei mindestens drei optischen Elementen besonders gute Ergebnisse, d.h. einen Laserstrahl im Gauß-Mode mit besonders hoher Strahlqualität, erzielt werden, wenn zwei optische Elemente zur Aufweitung des Laserstrahls, insbesondere konvex, und das andere optische Elemente zur Fokussierung des Laserstrahls, insbesondere konkav, ausgebildet sind. Vorzugsweise ist der Radius des einen konkaven optischen Elements jeweils kleiner als die Radien der konvexen optischen Elemente und sind die Radien dieser konvexen optischen Elemente in etwa gleich. Besonders gute Ergebnisse, d.h. ein Laserstrahl im Gauß-Mode mit besonders hoher Strahlqualität, sind zu errei-

chen, wenn ein konvexer Umlenkspiegel in der Nähe des Auskoppelspiegels angeordnet oder der Auskoppelspiegel selbst konvex ist und die Radien der konvexen bzw. konkaven Spiegel im Bereich von 10m bis 60m liegen.

Bei ganz besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist die Modenblende durch den lichten Innendurchmesser eines runden Abschnitts des Strahlführungsraums gebildet. Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß sich im Gegensatz zu einer Lochblende außerhalb des durch den runden Abschnitt des Strahlführungsraums definierten Anregungsvolumens, d.h. außerhalb der Modenblende, kein angeregtes Lasergas mehr befindet, so daß es innerhalb des runden Abschnitts auch zu keiner unerwünschten Verstärkung kommen kann. Daher kann im Laserresonator ein scharf abgegrenzter Gauß-Mode erzeugt werden. Durch die verstellbare Optik läßt sich der Laserstrahl innerhalb des Strahlführungsraums auf solch einen Strahldurchmesser aufweiten, daß der lichte Innendurchmesser des runden Abschnitts des Strahlführungsraums für höhere Moden als Modenblende wirkt.

Der runde Abschnitt des Strahlführungsraums kann beispielsweise durch ein oder mehrere Laserrohre des Laserresonators und/oder durch einen zwei benachbarte Laserrohre miteinander verbindenden Verbindungsblock gebildet sein.

Bei ganz besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist der Laserresonator in der einen Einstellung der Modenblende bzw. der Optik zur Erzeugung eines Gauß-Modes und in der anderen Einstellung zur Erzeugung eines Ringmodes ausgebildet. Diese Maßnahme ermöglicht die wahlweise Einstellung des Lasermodes mit Hilfe aufweitender und fokussierender optischer Elemente im Laserresonator, wobei der Laserstrahl durch diese optischen Elemente so geformt wird, daß der runde Abschnitt des Strahlführungsraums des Laserresonators bei aufgeweitetem Laserstrahl selbst als Modenblende wirkt. Entsprechend der jeweiligen Bearbeitungsaufgabe kann mit Hilfe einer Steuereinrichtung zwischen dem Gauß- oder dem Ringmode umgeschaltet werden. Dazu können in der Steuereinrichtung beispielsweise mindestens zwei Parametersätze für die beiden Einstellungen der Modenblende bzw. der Optik hinterlegt sein.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigt:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Gaslasers mit zwei adaptiven optischen Elementen zur Erzeugung eines Gauß-Modes (Fig. 1a) oder eines Ringmodes (Fig. 1b);
- Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Gaslasers mit drei adaptiven optischen Elementen zur Erzeugung eines Gauß-Modes (Fig. 2a) oder eines Ringmodes (Fig. 2b); und
- Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Gaslasers mit drei adaptiven optischen Elementen zur Erzeugung eines Gauß-Modes (Fig. 3a) oder eines Ringmodes (Fig. 3b).

Der Laserresonator des in Fig. 1 gezeigten Gaslasers 1 umfaßt drei Laserrohre 2, die als Gehäuse für ein Lasergas, z.B. CO_2 oder CO, dienen. Die Laserrohre 2 haben einen runden Querschnitt und können aus Quarz oder Keramikmaterial bestehen. Zwei benachbarte Laserrohre sind jeweils im rechten Winkel zueinander angeordnet, so daß sich insgesamt eine U-förmige Anordnung ergibt. Der im Laserresonator erzeugte Laserstrahl 3 wird zwischen einem planen Rückspiegel 4 und einem planen Auskoppelspiegel 5 reflektiert und jeweils zwischen zwei Laserrohren 2 mit Hilfe von Umlenkspiegeln 6, 7 um 90° umgelenkt. Der

- 9 -

gezeigte Strahlengang des Laserstrahls 3 ist stark vereinfacht dargestellt. Die beiden Umlenkspiegel 6, 7 sind adaptive Spiegel mit veränderlichen Krümmungsradien, welche von einer Steuereinrichtung 8 einstellbar sind.

Ausgehend vom Auskoppelspiegel 5 wird in der Anordnung nach Fig. 1a der Laserstrahl 3 an dem konvex eingestellten Umlenkspiegel 6 so weit aufgeweitet, daß bis auf den Gaußmode 9 alle anderen Moden des Laserstrahls 3, insbesondere auch der Ringmode 10, durch das mittlere Laserrohr 2 aus dem Laserstrahl 3 ausgeblendet werden. Der Strahldurchmesser 11 des in das mittlere Laserrohr 2 eingekoppelten Laserstrahls 3 wird so auf den lichten Innendurchmesser 12 des mittleren Laserrohrs 2 begrenzt, d.h., das mittlere Laserrohr 2 wirkt als Modenblende. Es befindet sich kein angeregtes Lasergas außerhalb des Modenvolumens, so daß im Laserresonator ein scharf abgegrenzter Gauß-Mode 9 erzeugt wird. An dem konkav eingestellten Umlenkspiegel 7 wird der aufgeweitete Laserstrahl 3 so weit rückfokussiert, daß das zwischen Umlenkspiegel 7 und Rückspiegel 4 befindliche Laserrohr 2 nicht als Modenblende für den Gaußmode wirkt. Gleiches gilt für das zwischen Auskoppelspiegel 5 und Umlenkspiegel 6 befindliche Laserrohr 2. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei benachbarte Laserrohre 2 jeweils über einen Verbindungsblock 13, der Teil des Laserresonators ist, miteinander verbunden.

In der Anordnung nach Fig. 1b sind die adaptiven Umlenkspiegel 6, 7 als ebene Spiegel eingestellt, so daß es innerhalb des mittleren Laserrohrs 2 zu keiner Aufweitung des Laserstrahls 3 kommt. Der Laserresonator ist so ausgelegt, daß in diesem Fall der Ringmode 10 erzeugt wird. Durch einfaches "Umschalten" der adaptiven Spiegel 6, 7 kann im Laserresonator wahlweise der Gauß-Mode 9 oder der Ringmode 10 erzeugt werden.

Der in Fig. 2 gezeigte Gaslaser 20 verwendet zum Umschalten zwischen Gauß-Mode und Ringmode zwei adaptive Umlenkspiegel 21, 22 und einen adaptiven Rückspiegel 23, deren Einstellungen jeweils von der Steuereinrichtung 24 gesteuert werden. Bei der in Fig. 2a gezeigten Anordnung mit konvexen bzw. konkaven Umlenkspiegeln 21, 22 und einem konvexen Rückspiegel 23 wird der Laserstrahl 3 im mittleren Laserrohr 2 für eine Modenbegrenzung aufgeweitet und daher im Laserresonator nur der Gauß-Mode 25 erzeugt. In der Anordnung nach Fig. 2b sind die Umlenkspiegel 21, 22 und der Rückspiegel 23 als ebene Spiegel eingestellt, so daß es innerhalb des mittleren Laserrohrs 2 zu keiner Aufweitung des Laserstrahls 3 kommt. Der Laserresonator ist so ausgelegt, daß in diesem Fall der Ringmode 26 erzeugt wird. Durch einfaches "Umschalten" der adaptiven Spiegel 21, 22, 23 kann im Laserresonator wahlweise der Gauß-Mode 25 oder der Ringmode 26 erzeugt werden.

- 11 -

Der in Fig. 3 gezeigte Gaslaser 30 verwendet zum Umschalten zwischen Gauß-Mode und Ringmode drei adaptive Umlenkspiegel 31, 32, 33, deren Einstellungen jeweils von der Steuereinrichtung 34 gesteuert werden. Bei der in Fig. 3a gezeigten Anordnung mit konvexen Umlenkspiegeln 31, 33 und einem konkaven Umlenkspiegel 32 wird der Laserstrahl 3 im Laserrohr 2 für eine Modenbegrenzung aufgeweitet und daher im Laserresonator nur der Gauß-Mode 35 erzeugt. Die Krümmungsradien der Umlenkspiegel 31, 32, 33 sind so gewählt, daß sich astigmatische Fehler kompensieren. In der Anordnung nach Fig. 3b sind alle Umlenkspiegel 31, 32, 33 als ebene Spiegel eingestellt, so daß es innerhalb des Laserrohrs 2 zu keiner Aufweitung des Laserstrahls 3 kommt. Der Laserresonator ist so ausgelegt, daß in diesem Fall ein Ringmode 36 erzeugt wird. Durch einfaches "Umschalten" der adaptiven Spiegel 31, 32, 33 kann im Laserresonator wahlweise der Gauß-Mode 35 oder der Ringmode 36 erzeugt werden.

EPO - Munich
66
31. Aug. 2000

Stuttgart, 29.08.2000

24179 Rk

Patentansprüche

1. Gaslaser (1; 20; 30) mit einer Optik und mit einer Modenblende im Strahlführungsraum des Laserresonators, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungsdurchmesser der Modenblende zwischen zwei Einstellungen verstellbar ist, bei denen die Modenblende aus dem Laserstrahl (3) Moden ab jeweils anderen höheren Ordnungen ausblendet.
2. Gaslaser (1; 20; 30) mit einer Optik und mit einer Modenblende im Strahlführungsraum des Laserresonators, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik zwischen zwei Einstellungen verstellbar ist, bei denen die Modenblende aus dem Laserstrahl (3) Moden ab jeweils anderen höheren Ordnungen ausblendet.

- 2 -

3. Gaslaser nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die verstellbare Optik mindestens ein adaptives optisches Element (6, 7; 21, 22, 23; 31, 32, 33) aufweist.
4. Gaslaser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Modenblende zwischen zwei adaptiven optischen Elementen (6, 7; 21, 22; 31, 32) angeordnet ist.
5. Gaslaser nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in einer der beiden Optikeinstellungen ein adaptives optisches Element (6; 21; 31) zur Aufweitung des Laserstrahls (3), insbesondere konvex, und ein anderes adaptives optisches Element (7; 22; 32) zur nachfolgenden Fokussierung des Laserstrahls (3), insbesondere konkav, ausgebildet ist.
6. Gaslaser nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in einer der beiden Optikeinstellungen zwei adaptive optische Elemente (31, 33) zur Aufweitung des Laserstrahls (3), insbesondere konvex, und ein drittes adaptives optisches Element (32) zur Fokussierung des Laserstrahls (3), insbesondere konkav, ausgebildet sind.

- 3 -

7. Gaslaser nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als adaptives optisches Element der Auskoppelspiegel (5) des Laserresonators und/oder der Rückspiegel (4; 23) des Laserresonators und/oder ein oder mehrere dazwischen vorgesehene Umlenkspiegel (6, 7; 21, 22; 31, 32, 33) vorgesehen sind.
8. Gaslaser nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Modenblende durch den lichten Innendurchmesser (12) eines runden Abschnitts des Strahlführungsraums gebildet ist.
9. Gaslaser nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der runde Abschnitt des Strahlführungsraums durch ein oder mehrere Laserrohre (2) des Laserresonators und/oder durch einen zwei benachbarte Laserrohre (2) miteinander verbindenden Verbindungsblock (13) gebildet ist.
10. Gaslaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserresonator in der einen Einstellung der Modenblende bzw. der Optik zur Erzeugung eines Gauß-Modes (9; 25; 35) und in der anderen Einstellung zur Erzeugung eines Ringmodes (10; 26; 36) ausgebildet ist.

11. Gaslaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung (8; 24; 34) zum Verstellen der Modenblende bzw. der Optik, wobei für die beiden Einstellungen der Modenblende bzw. der Optik in der Steuereinrichtung (8; 24; 34) mindestens zwei Parametersätze hinterlegt sind.

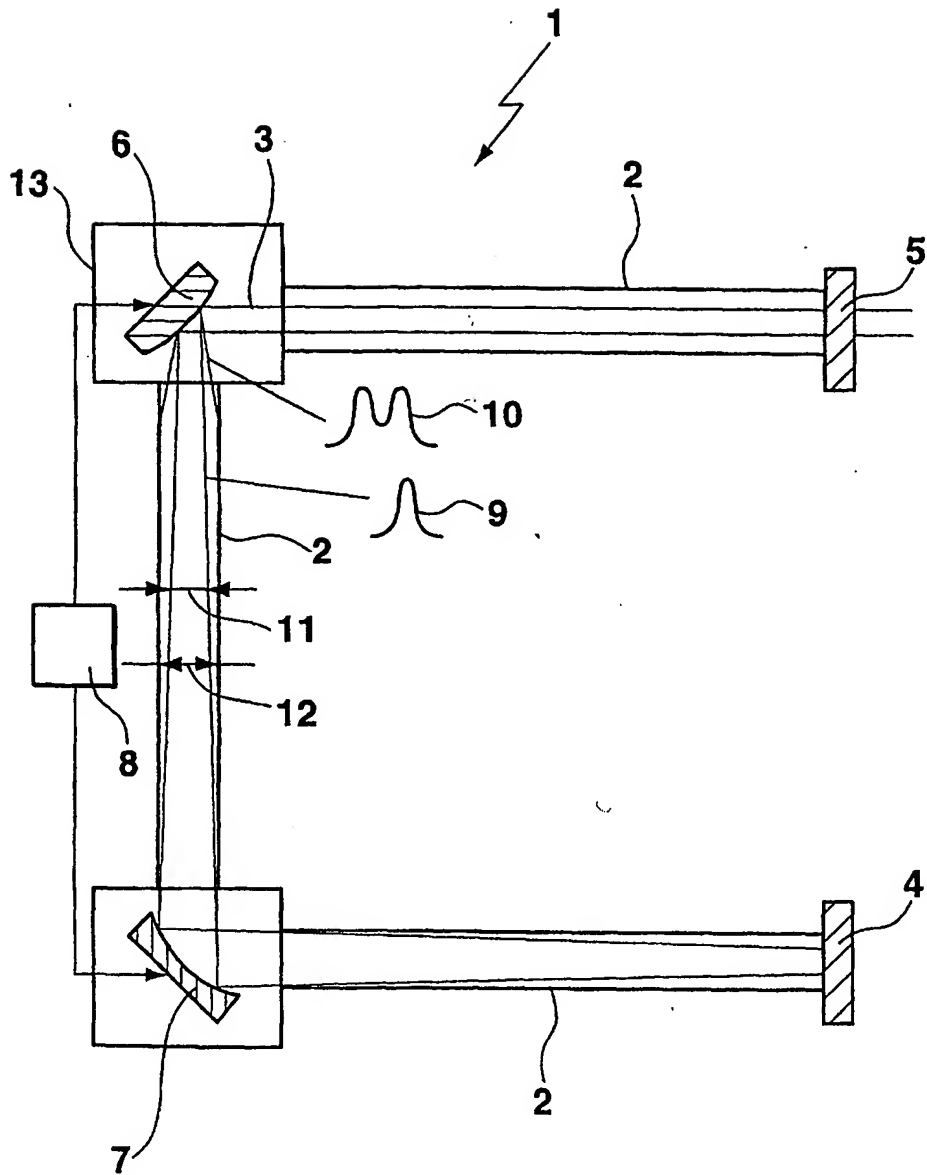
24179 Rk

EPO - Munich
66
31. Aug. 2000Zusammenfassung

Bei einem Gaslaser (1) mit einer Optik und mit einer Modenblende im Strahlführungsraum des Laserresonators ist die Optik zwischen zwei Einstellungen verstellbar, bei denen die Modenblende aus dem Laserstrahl (3) Moden ab jeweils anderen höheren Ordnungen ausblendet. In der einen Einstellung kann der Gauß-Mode (9) und in der anderen Einstellung der Ringmode (10) erzeugt werden. Entsprechend der jeweiligen Bearbeitungsaufgabe kann so mit Hilfe einer geeigneten Steuerung zwischen dem Gauß- oder dem Ringmode umgeschaltet werden.

(Fig. 1a)

EPO - Munich
66
31. Aug. 2000



EPO - Munich
66
31. Aug. 2000

Fig. 1b

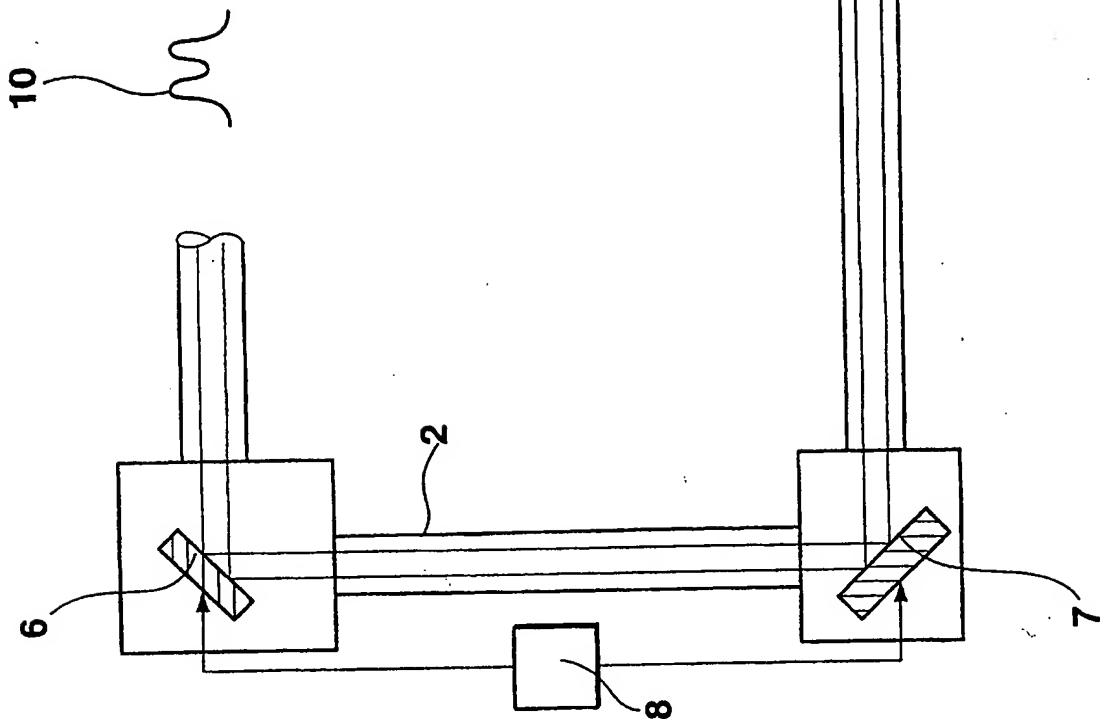


Fig. 1a

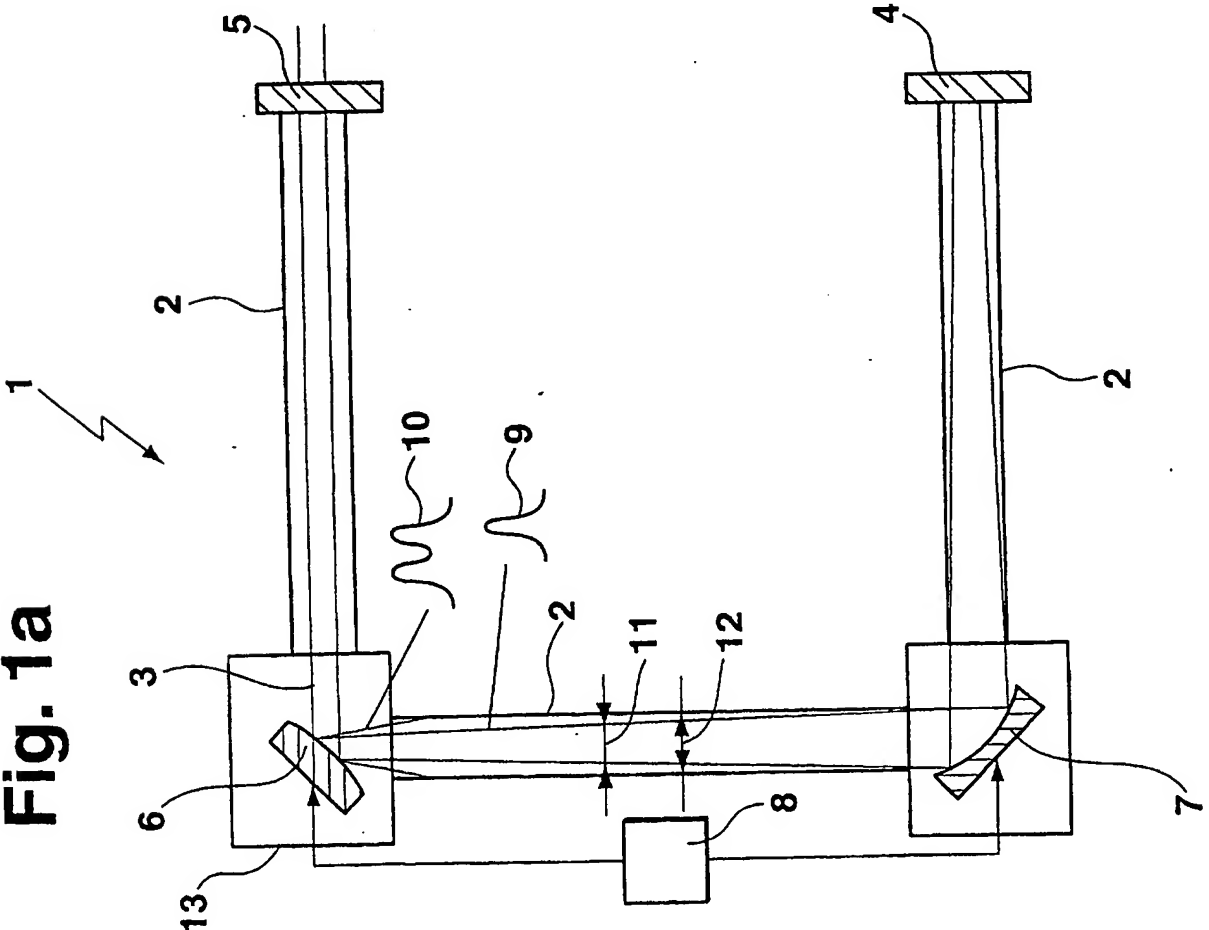


Fig. 2a

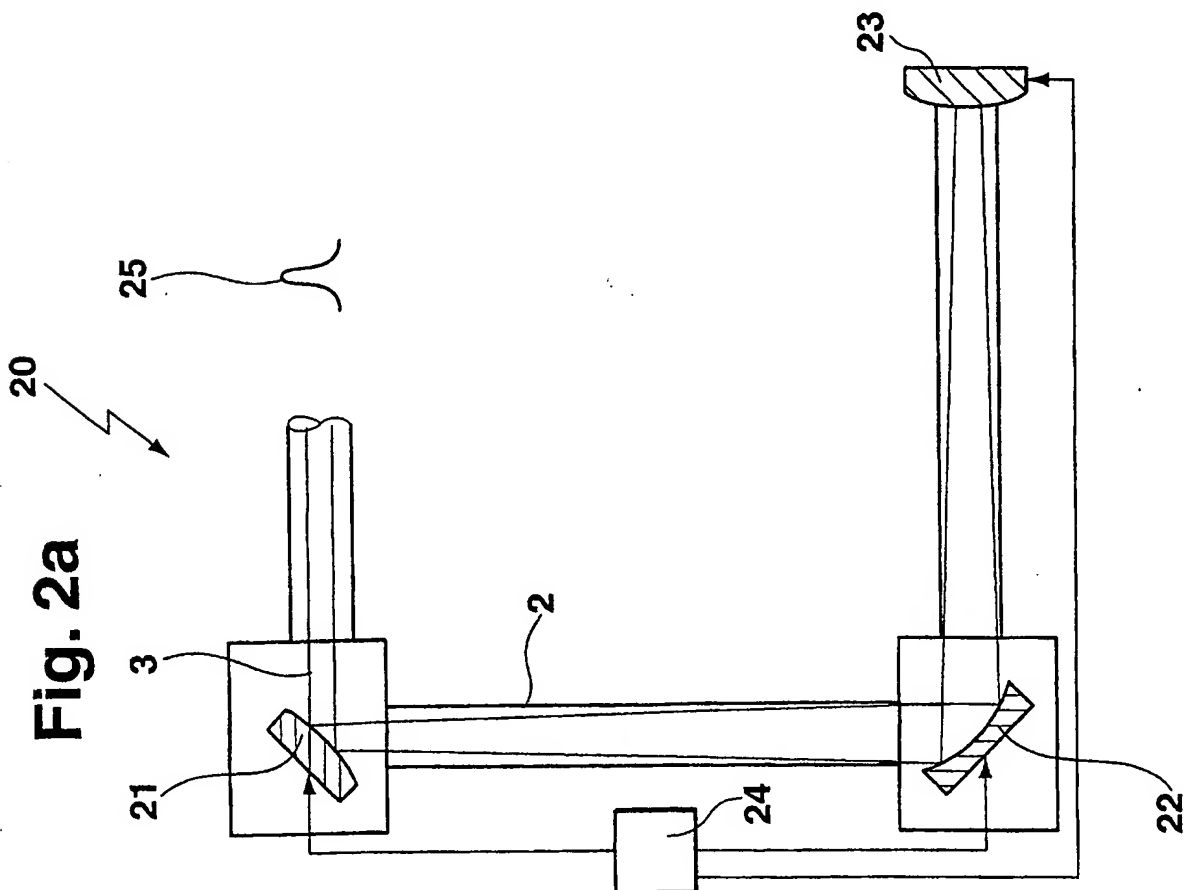


Fig. 2b

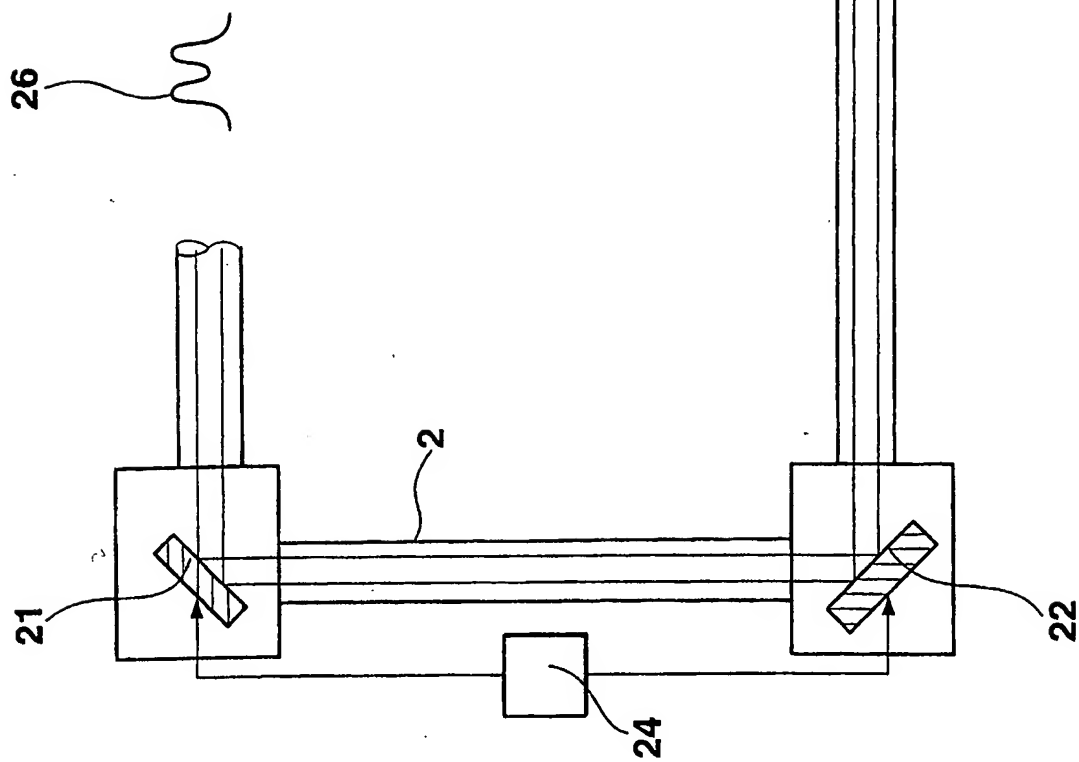


Fig. 3b

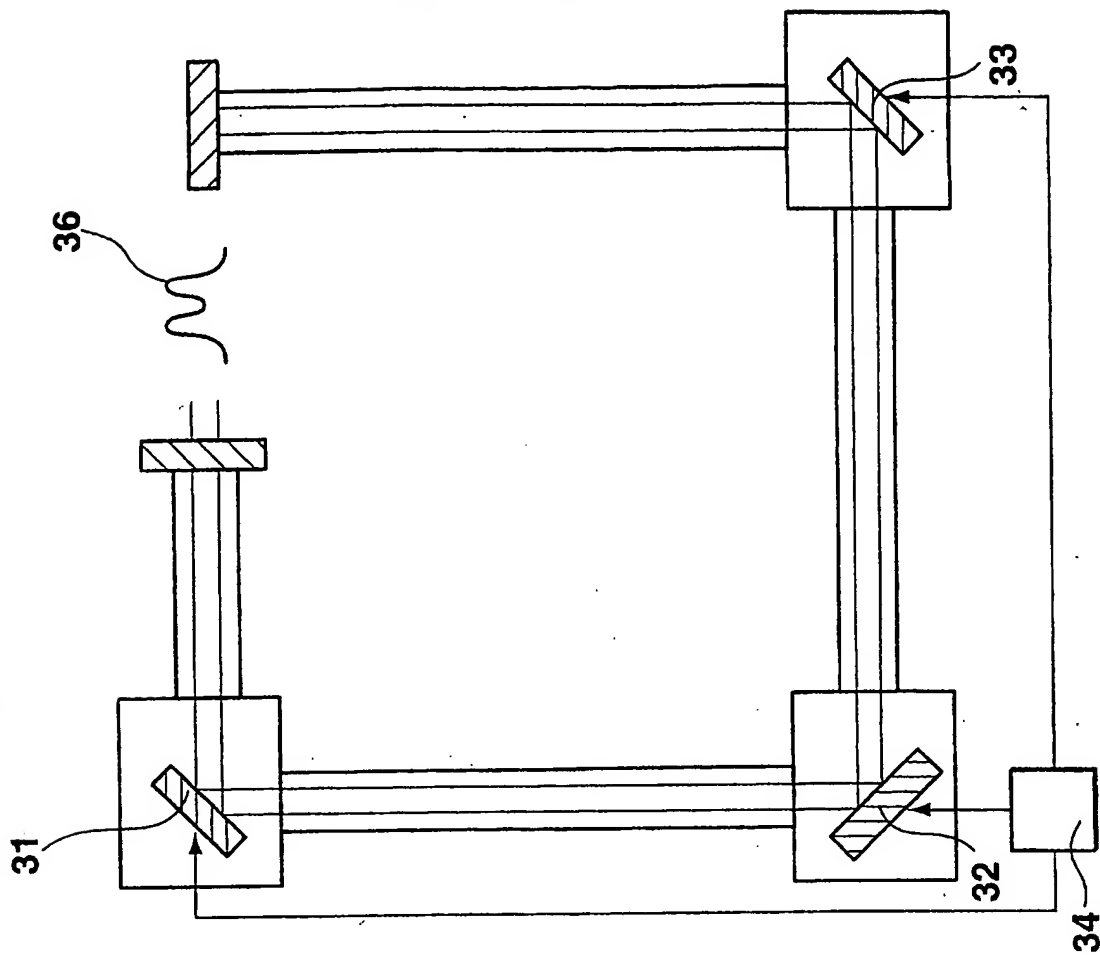


Fig. 3a

